

1 MAR 2005

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/EP 03 / 1 0 1 2 6

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



Pat/EP03/10126

REC'D 29 OCT 2003	
WIPO	PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 42 385.7

**Anmeldetag:** 12. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Cherry GmbH, Auerbach, Oberpf/DE

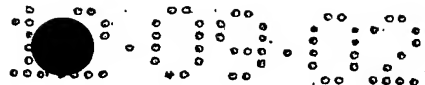
**Bezeichnung:** Induktive Sensoreinheit

**IPC:** G 01 D 5/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Scholz



Cherry GmbH  
C81287DE

12. September 2002  
F/Sh/Le/jr

5

Zusammenfassung

Kennzeichnend für die Erfindung sind :

- 10 Eine induktive Sensoreinheit mit mindestens zwei Senserspulen, die nebeneinander planar auf einer Leiterplatte aufgebracht wurden. Prinzip: Eine Änderung der Induktivität der Senserspule durch Verlustströme im leitfähigen Betätiger korreliert mit der Position des Betätigers in zweifacher Hinsicht: mit dem Abstand zur Senserspule und der Überdeckung des Sensors (bei festem
- 15 Abstand).

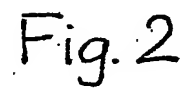
Weiter kennzeichnend: Auswertung der Induktivität wie bei induktiven Näherungsschaltern durch Einbau der Sensoren in einen Schwingkreis. Der Sensorkreis schwingt auf einer Resonanzfrequenz  $f_r$  bei hinreichend kleinem

20

ohmschen Widerstand des Sensors:  $f_r = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\sqrt{LC}}$  . Bevorzugt

wird eine relative Auswertung der Beeinflussung von benachbart liegenden Senserspulen.

25



## INDUKTIVE SENSOREINHEIT

- 10 Die Erfindung bezieht sich auf eine induktive Sensoreinheit, die insbesondere für eine Positionsschaltvorrichtung brauchbar ist, die bei automatischen Fahrzeugbetrieben eingesetzt wird.

- 15 Bekannt im Stand der Technik ist ein Weg-Winkel-Sensor, insbesondere zur Bestimmung eines eingelegten Ganges im Kraftfahrzeugbereich, gemäß der Patentschrift DE 198 06 529. Der bekannte Weg-Winkel-Sensor weist vier Meßspulen auf, die in einer X-Y-Fläche auf einem Spulenträger in einem Winkel von  $90^\circ$  zueinander angeordnet und an eine Auswertelektronik angeschlossen sind. Der Sensor weist auch ein sogenanntes Target auf, das im
- 20 Wesentlichen parallel zu der X-Y-Fläche relativ zu den Meßspulen bewegbar ist und dadurch in den Meßspulen Spannungen induziert. Aus den induzierten Spannungen kann die Auswertelektronik den zurückgelegten Weg in Y-Richtung und den Winkel  $\alpha$  des Targets in einer Z-X-Fläche ermitteln. Der bekannte Weg-Winkel-Sensor zeichnet sich dadurch aus, daß die jeweils
- 25 gegenüberliegenden Meßspulen in einem Abstand zueinander angeordnet sind und die benachbarten Meßspulen sich jeweils zumindest teilweise überlagern.

- In der älteren Anmeldung gemäß DE 101 25 278 wird ebenfalls die Induktionsspannung als Sensorsignal verwendet. Die bekannten
- 30 Konstruktionen haben den Nachteil, daß mehrere induktiv wirkende Sensorschleifen auf den Spulenträger aufzubringen sind, wie aus der nachfolgenden Hintergrundinformation ersichtlich ist.

Aus dem Automobilbereich ist der vielfache Einsatz von mechanischen Schaltern bekannt, unter anderem in Schließsystemen, Bedienelementen der Armaturen, Sitzverstellungen, Spiegelverstellungen usw. Mechanische Schalter haben den Nachteil, daß sie nicht verschleißfrei arbeiten. Ihre Lebensdauer wird einerseits begrenzt durch den Materialabtrag des Kontaktmaterials, durch Materialveränderungen (Oxidation), durch Ablagerungen auf den Schaltkontakten in Folge mechanischer Reibung oder elektrischer Überlastung oder eines Lichtbogens beim Abschaltvorgang.

10 Eine besondere Form mechanischer Schalter sind mechanische Schleifschalter. Ein verschiebbarer Kontakt läuft über eine Schleifbahn und stellt damit je nach Position einen Kontakt zu wechselnden Anschlüssen her (sogenannte Codierschalter). Im Fahrzeug auftretende Vibrationen führen bei einer derartigen Schaltkulisseneinheit zu einem erhöhten Verschleiß der Schleifkontakte und Schleifbahnen.

In modernen Fahrzeugen werden Verstellmotore heute meist über verschleißfreie Leistungshalbleiter geschaltet, die dann allerdings wieder durch nicht verschleißfreie Schalter angesteuert werden. Um das System vollständig verschleißfrei zu gestalten, ist die Entwicklung von neuartigen Schaltern notwendig, die ohne mechanische Schaltkontakte (also mit Sensoren) arbeiten.

Bekannt im Stand der Technik sind Hall-Sensoren, die auf die Annäherung von Permanentmagneten reagieren und damit eine Schaltfunktion auslösen. Weiterhin bekannt ist die Verwendung von GMR-Sensoren, die auf dem Effekt einer Widerstandsänderung beruhen, die durch ein äußeres Magnetfeld hervorgerufen wird. Das äußere Magnetfeld kann einem Permanentmagneten oder einem magnetisierbaren Kunststoff entstammen und entsprechende Schaltfunktionen veranlassen.

30 Weiterhin ist der Einsatz von Lichtschranken und Reflexlichtschranken bekannt, die den Nachteil haben, daß sie störlichtempfindlich sind und daß die

optischen Bauteile altern und leicht verschmutzen können. Der Einsatz solcher Sensoren hat ferner den Nachteil, daß sie im Vergleich zu mechanischen Schaltern und zu induktiven Schaltern teuer sind.

5 In Schaltelementen wird als Träger für Beleuchtungen, Anzeigen oder mechanische Schalter oft eine kostengünstige Leiterplatte verwendet. Das Vorhandensein einer solchen Leiterplatte begünstigt den Einsatz der vorliegenden Erfindung. Als kostengünstige Möglichkeit ist das in der älteren Anmeldung gemäß DE 101 25 278 verwendete Wirkungsprinzip der  
10 induktiven Kopplung zweier auf der Leiterplatte aufgebrachter Sensorspulen und deren Bedämpfung durch einen leitfähigen Betätiger vorangemeldet. Dabei korreliert die Bedämpfungsstärke mit der Position des Betätigers relativ zu den Sensoren. Nachteilig an dieser Technologie kann sich auswirken, daß die Sensoren in der praktischen Ausführung eine Mindestgröße von ca. 10 mm x  
15 10 mm auf der Leiterplatte haben müssen, damit eine annehmbare Kopplung erreicht werden kann und damit die Aufbereitungselektronik einfach und kosteneffektiv gestaltet werden kann. Bei den derzeit kostengünstig produzierbaren Leiterplatten wird eine örtliche Auflösung von 0,12 mm erreicht, d.h. die Leiterbreite der Sensorwicklungen kann maximal 0,12 mm  
20 betragen ebenso wie die Isolierbreite zwischen den Wicklungen. Dadurch bedingt kann die Sendespule wie auch die Empfangsspule der Sensoren nur ca. 5 Windungen aufweisen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Induktivität einer Sensorspule  
25 durch einen über die Spule gebrachten Betätiger zu beeinflussen und diese Induktivität in einfacher Weise auszuwerten. Die Induktivität einer Spule ändert sich erheblich durch ein leitfähiges Betätigungselement, das gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 einen veränderlichen Abstand zu der Sensorspule und/oder eine veränderliche Überdeckung der Sensorspule aufweist. Die  
30 Aufgabe wird durch eine induktive Sensoreinheit mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst. Zweckmäßige Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Eine ungedämpfte Sensorspule mit dem Außenmaß 10 mm x 10 mm, die auf der Leiterplatte wie eine rechteckige Spirale von innen nach außen gewickelt ist, weist bei der auf der Leiterplatte erzielbaren Auflösung 10 Windungen und  
5 eine Induktivität von ca. 1  $\mu$ H auf.

Zwar ist es aus der Druckschrift GB 1 415 644 bekannt, die Impedanz einer Spiralstruktur als Sensor zu verwenden, jedoch ist die bekannte Spiralstruktur bifilar gewickelt, um die ohmsche Komponente der Spiralimpedanz  
10 auszunutzen und um die induktive Komponente der Spiralimpedanz auszuschalten. Im Unterschied dazu ist die Sensorspule gemäß der Erfindung monofilar gewickelt, wie sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung anhand der Figuren ergibt.

15 Figur 1 zeigt die planare Ausführung einer Sensorschleife auf einer Leiterplatte zusammen mit dem elektrotechnisch äquivalenten Symbol.

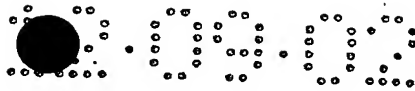
Figur 2 zeigt ein funktionelles Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Sensors mit einem LC-Schwingkreis als Auswerteschaltung.

20

Figur 3 zeigt ein funktionelles Blockschaltbild mit einem LC-Schwingkreis und mit zwei Sensoren zur Detektion eines Verschiebeweges y.

Figur 4 zeigt eine typische Kennlinie für die Schwingfrequenz mit einem ersten  
25 Sensor L1 gemäß Figur 3 und einem zweiten Sensor L2 gemäß Figur 3 als Funktion des Verschiebeweges y.

Figur 5 zeigt eine Schaltkulisse für ein Kraftfahrzeug mit einem Automatikwählhebel, der an eine Sensoreinheit gemäß Figur 3 angeschlossen  
30 ist.



Figur 6 zeigt das Schema einer Leiterplatte mit mehreren Sensoreinheiten für die Schaltkulisseneinheit gemäß Figur 5.

Figur 7 zeigt das Blockschaltbild einer elektronischen Einheit, wenn mehrere induktive Sensoren kombiniert werden.

Figur 8 zeigt die Amplituden der Sensorsignale der verschiedenen Schalteinheiten bei Schaltvorgängen des Automatikwählhebels von der Position 1 bis zur Position 4.

Figur 9 zeigt ein ähnliches Schema einer Leiterplatte wie in Figur 6, jedoch mit einer redundanten Schalteinheit.

Gemäß Figur 1 ist eine Sensorspule planar auf einer Leiterplatte aufgebracht. Der Anschluß im Mittelpunkt der Spirale ist beispielsweise auf der Rückseite der Leiterplatte herausgeführt. Deckt man den Sensor gemäß Figur 1 mit einem leitfähigen Betätiger im Abstand  $x$  von beispielsweise  $x = 0,05 \text{ mm}$  ab, so verringert sich die Induktivität von beispielsweise ca.  $1 \mu\text{H}$  auf beispielsweise ca.  $0,2 \mu\text{H}$ .

Die Verringerung der Induktion durch den Betätiger B ist vom Abstand  $x$  des Betätigers B zur Sensorschleife abhängig; sie ist aber auch vom Überdeckungsgrad der Sensorschleife durch das Betätigerelement abhängig. Überdeckt der Betätiger die gesamte Fläche der Schleife in einem konstanten Abstand  $x$ , so wird die Amplitude der Sensorspannung bei dem Überdeckungsgrad von 100 % minimal, wobei die Größe der minimalen Sensorspannung von dem Abstand  $x$  abhängt.

Damit sind für den Schalter zwei Schaltmechanismen möglich:



- Der Überdeckungsgrad G wird auf einer definierten Größe gehalten, und der Abstand x zwischen dem Betätigerelement B und der Sensorschleife wird variiert (wie es z.B. in Figur 2 dargestellt ist), oder
- 5 - der Abstand x wird konstant gehalten, und der Überdeckungsgrad G wird verändert (wie es z.B. in Figur 3 dargestellt ist).
- Auch eine Kombination der beiden Schaltmechanismen ist möglich.

10 Als kostengünstige Auswerteelektronik hinlänglich bekannt ist ein LC-Schwingkreis, bestehend aus einer Sensorinduktivität L, einer Festkapazität C und einem invertierenden Verstärker A, in dessen Rückkopplungszweig der LC-Schwingkreis eingebaut ist. Eine derartige Schaltung ist in Figur 2 als Blockschaltbild dargestellt. Die Frequenz des Schwingkreises wird durch die

15 Resonanzfrequenz des LC-Gliedes

$$\text{bestimmt nach der Formel: } f_r = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Ein nachgeschalteter Frequenzzähler FC bestimmt gemäß Figur. 3 die

20 Schwingungen pro Zeiteinheit und gibt sie als Signalwert aus. Für eine einfache Schaltfunktion genügt es, mittels eines Komparators den aktuellen Frequenzwert mit einem Schwellwert zu vergleichen und damit die Schaltfunktion auszulösen. In einem gewöhnlichen Fall wird das Schaltsignal auf „1“ gesetzt, wenn die Frequenz höher ist als eine eingestellte

25 Grenzfrequenz, was einer geringeren Induktivität durch eine höhere Bedämpfung entspricht. Bei einer geringeren Frequenz gibt der Komparator eine „0“ aus. Über einen nachgeschalteten Hoch-Niedrig-Schalter oder ein Relais R können dann hohe Leistungen geschaltet werden. Die Funktionen Frequenzzähler und Komparator können aber auch als sogenannte Firmware in

30 einem Mikrocontroller realisiert werden.

Damit kann auf einfache Weise ein verschleißfreier Tastschalter in einer Bedieneinheit des Automobils realisiert werden. Das Bedämpfungselement wird gemäß Figur 2 durch Druck auf eine Taste an den Sensor angenähert und dort mittels eines Verriegelungsmechanismus gehalten. Erst bei erneutem Druck auf den Tastenknopf wird die Verriegelung aufgehoben, und der Betätiger wird in seine Ruheposition in einem größeren Abstand zum Sensor gebracht (Kugelschreiberverriegelungsprinzip). So lassen sich auf einfache und kostengünstige Weise Schalttaster wie etwa der Schalter für Warnblinker, Nebelleuchten, Heckscheibenheizung usw. realisieren.

In Applikationen, in denen sehr genaue Schaltpunkte erforderlich sind, sind oft die Temperatureinflüsse auf Verstärker, Kapazitäten, Komparatoren usw. problematisch. In temperaturstabilen Applikationen kann man diese Einflüsse umgehen, indem man zwei Sensoren nebeneinander auf einer Leiterplatte aufbringt und beide wechselseitig in den Schwingkreis einschaltet (vgl. Figur 3). Das Zuschalten der Induktivität L1 oder L2 geschieht durch einen Schalttransistor oder Feldeffekttransistor oder MOSFET oder einen Analogmultiplexer AMUX. Wendet man eine relative Auswertung an, indem man als Schaltkriterium das Frequenzverhältnis der ersten Sensorfrequenz zur zweiten Sensorfrequenz verwendet, so fallen die Störeinflüsse heraus. Die Schaltung ist sehr temperaturstabil.

Diese Schaltungsart erweist sich auch bei Applikationen als vorteilhaft, bei denen die Position  $y$  des Betätigers relativ zu den Sensorpositionen detektiert wird, während der Abstand  $x$  des Betätigers zum Sensor mehr oder weniger konstant gehalten wird (wie z.B. bei Weg-Winkel-Sensoren). Auch hier findet gemäß Figur 3 eine relative Auswertung statt, die am besten, jedoch nicht ausschließlich, durch einen Mikrocontroller  $\mu C$  erfolgen kann.

Figur 4 zeigt zwei typische Kennlinien der normierten Resonanzfrequenz als Funktion des Verschiebewegs  $y$ . In dem Verschieberegion zwischen den Maxima der Kennlinien L1 und L2 kann der Mikrocontroller  $\mu C$  eine exakte

Positionserkennung vornehmen. In weiteren praktischen Anwendungsfällen können noch mehr Sensoren zur Erkennung der Betätigerposition verwendet werden.

- 5 Sind in einem Anwendungsfall, wie er in Figur 5 als Schaltkulisserie für ein Kraftfahrzeug dargestellt ist, mehrere Positionen zu detektieren, so ist es zweckmäßig, mehrerer induktive Sensoren als Funktionseinheit zu kombinieren. Am Beispiel der Umsetzung der Positionserkennung eines Automatikwählhebels sieht das wie folgt aus:

- 10 Unter der Blende wird eine Leiterplatte wie in Figur 5 positioniert, auf deren Oberseite z.B. die Hinterleuchtung der Blendenanzeigen 1, 2, ... P montiert werden kann. Mit dem Automatikwählhebel AW (siehe Figur 6), der durch einen Ausbruch in der Leiterplatte taucht, ist ein Betätigerschlitten BS verbunden, der auf der Unterseite der Leiterplatte LP plan aufliegt und auf dem
- 15 ein Betätiger oder mehrere Betätiger (in Figur 6 z.B. die Betätigerflächen BF1 und BF2) angebracht sind. Die Betätigerflächen werden in einem definierten Abstand über die verschiedenen Sensoreinheiten SE geschoben.

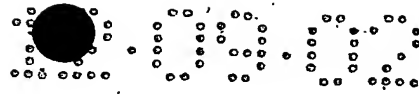
- 20 Bei der Kombination mehrerer induktiver Schalter stellt sich das Blockschaltbild wie in Figur 7 dar. Die zugehörigen Amplituden der Sensorsignale bei Schaltvorgängen des Automatikwählhebels sind in Figur 8 für die Positionen 1, 2, 3 und 4 zu erkennen, wobei die normierte Schwingkreisfrequenz über dem Verschiebeweg P1 - P4 für die Sensoren L1 - L4 aufgetragen ist. Die
- 25 jeweiligen Umschaltsschwellen P1 - P2, P2 - P3 und P3 - P4 sind eingetragen.

- Auch eine sehr redundante und damit sichere Positionserkennung ist ohne großen Zusatzaufwand zu realisieren, wie z.B. in Figur 9 dargestellt. Es wird vorgeschlagen, statt einer Sensoreinheit pro Position zwei Sensoreinheiten pro
- 30 Position aufzubauen und die Signale zu vergleichen. Bei widersprüchlichen Ergebnissen wird die Auswerteeinheit die Schaltfunktion so ausführen, daß das gesamte System in einem sicheren Zustand gebracht wird. Die Leiterplatte

kann dazu beispielsweise mit Sicherheitssensoreinheiten SSE gemäß Figur 9 erweitert werden.

Die Auswerteeinheit für das Sensormodul wird in der Regel ein  
5 Mikrocontroller sein, der über eine Schnittstelle (CAN, LIN, etc.) die  
Schaltinformationen an die Steuerelektronik bzw. Leistungselektronik  
weitergibt.

Vorzugsweise erfolgt die Signalauswertung insbesondere bei mehreren  
10 Sensorspulen über einen Multiplexer.



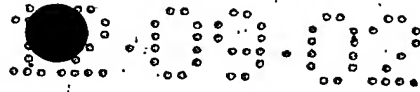
Cherry GmbH  
C81287DE

12. September 2002  
F/Sh/Le/jr

5

Patentansprüche

1. Induktive Sensoreinheit, insbesondere für eine  
Positionsschaltvorrichtung,  
10 mit mindestens zwei Sensorspulen, die nebeneinander planar auf einer  
Leiterplatte aufgebracht sind,  
und mit einem leitfähigen Betätigungselement zur Änderung der  
Induktivitäten der Sensorspulen, dessen Abstand zu den Sensorspulen  
und/oder dessen Überdeckung der Sensorspulen bei Betätigung der  
15 induktiven Sensoreinheit veränderbar sind.
2. Induktive Sensoreinheit nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine  
relative Auswertung der Beeinflussung von benachbart liegenden  
Sensorspulen mittels des beweglichen Betätigungsglieds.
- 20 3. Induktive Sensoreinheit nach Anspruch 1, dass die Signalauswertung der  
Sensorspulen über einen Multiplexer erfolgt.
4. Induktive Sensoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
25 gekennzeichnet durch einen Einbau der induktiven Sensorspulen in einen  
LC-Schwingkreis.
5. Induktive Sensoreinheit nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine  
Auswertung der Resonanzfrequenz des LC-Schwingkreises, in welche  
30 die veränderliche Induktivität eingeht.
6. Induktive Sensoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
gekennzeichnet durch die Einprägung eines Wechselstroms (I) konstanter



11

2

Amplitude und konstanter Frequenz ( $f$ ) in die Sensorspule und Messung  
der Spannungsamplitude ( $U$ ) der Sensorspulen.

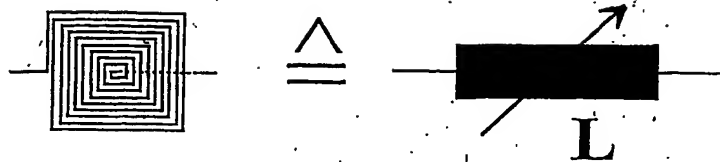


Fig. 1

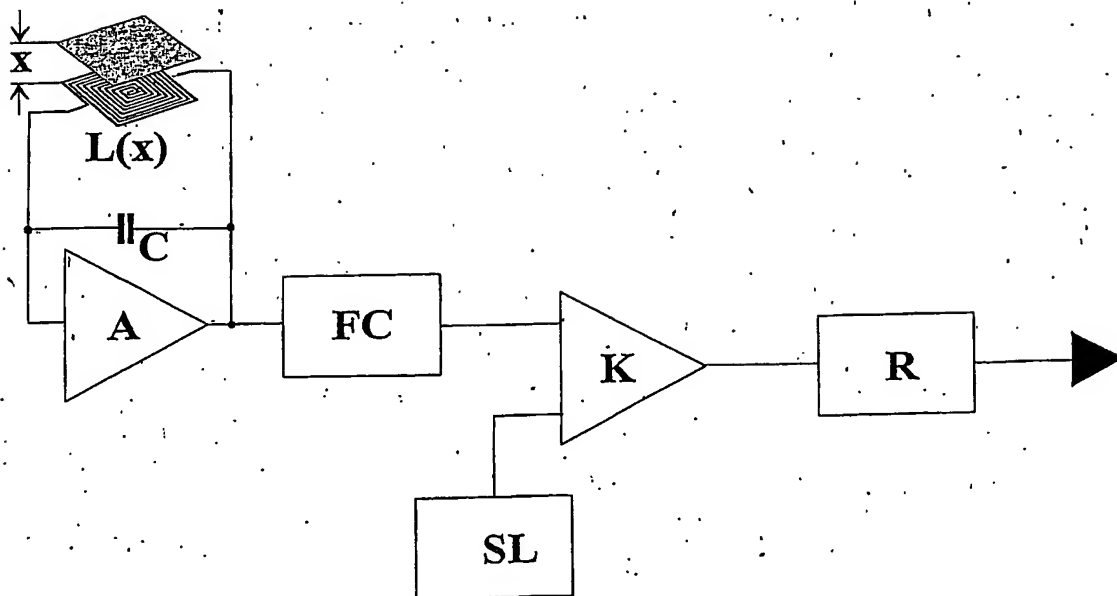


Fig. 2

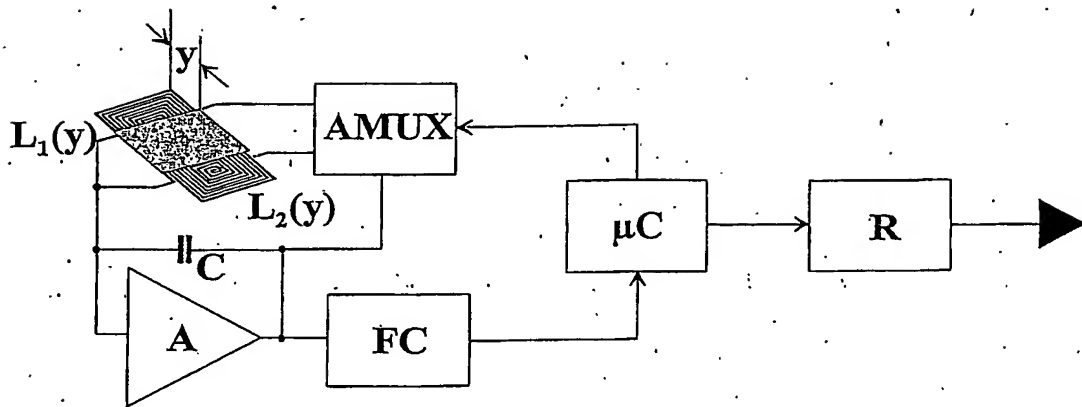


Fig. 3

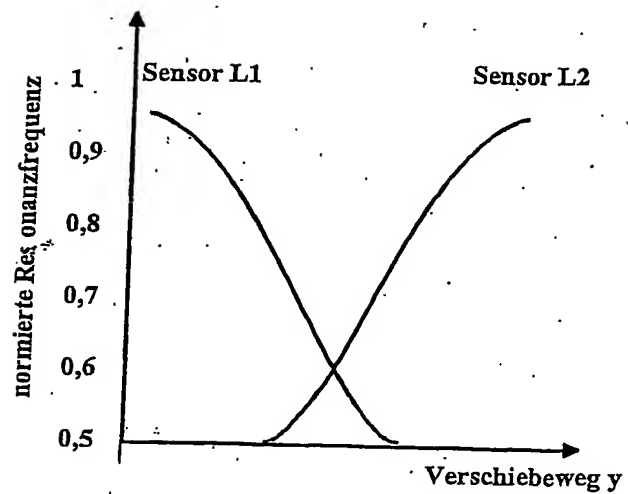


Fig. 4



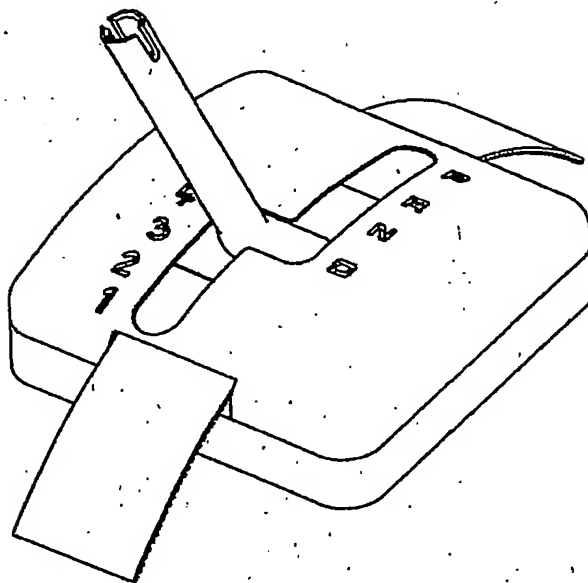


Fig. 5

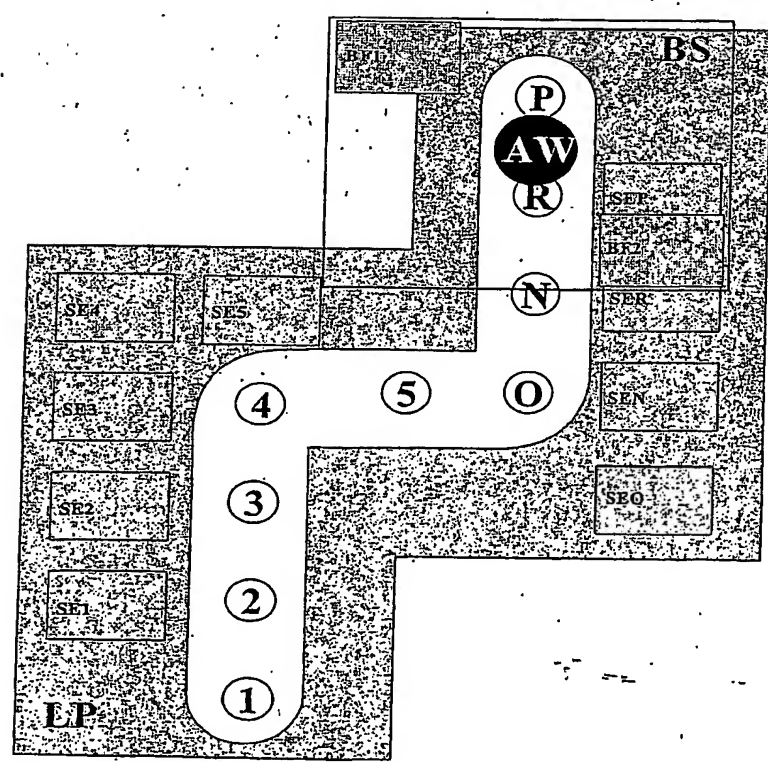


Fig. 6

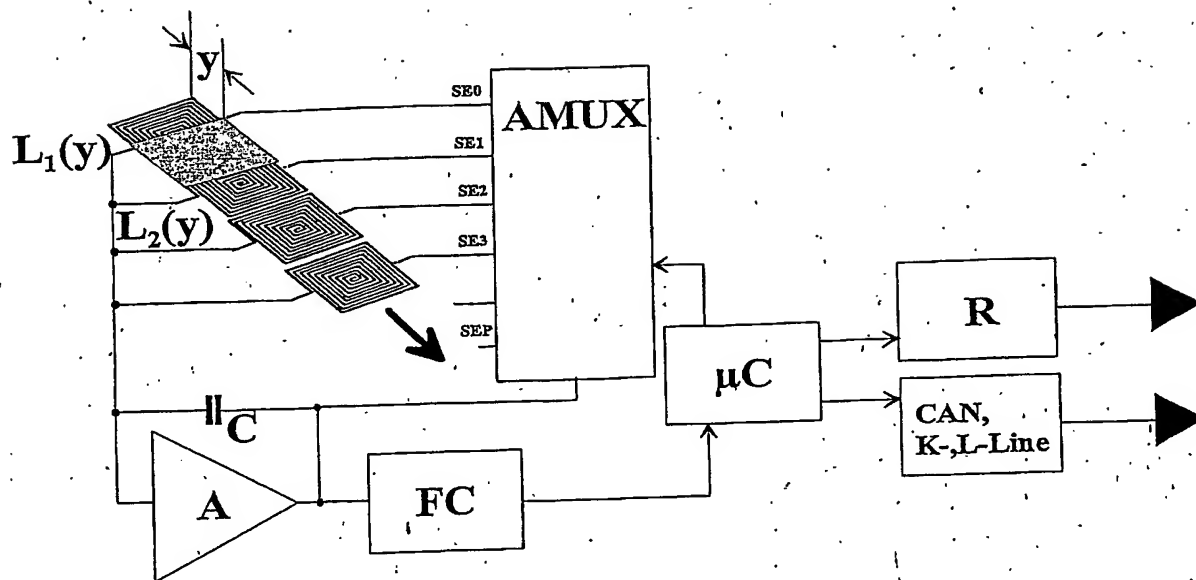


Fig. 7

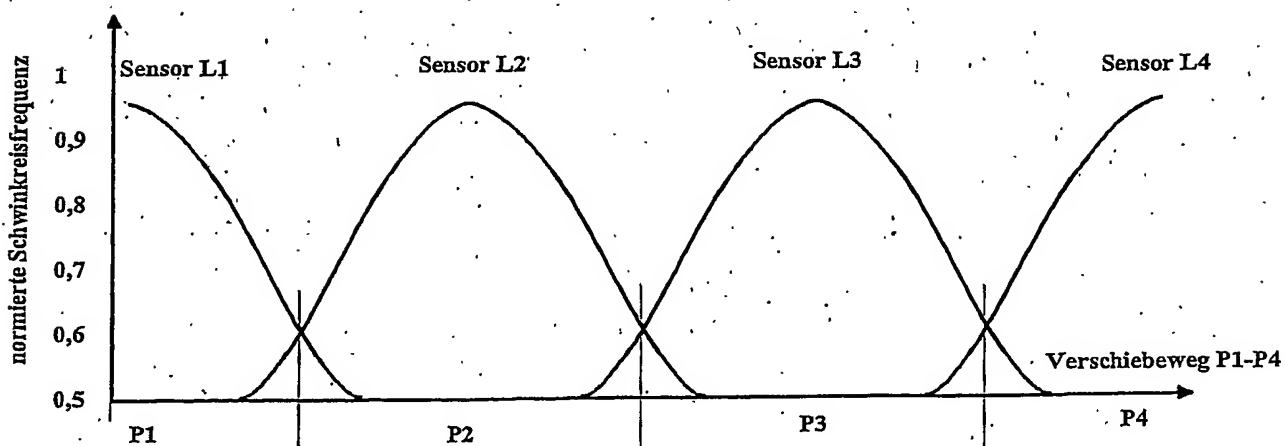


Fig. 8

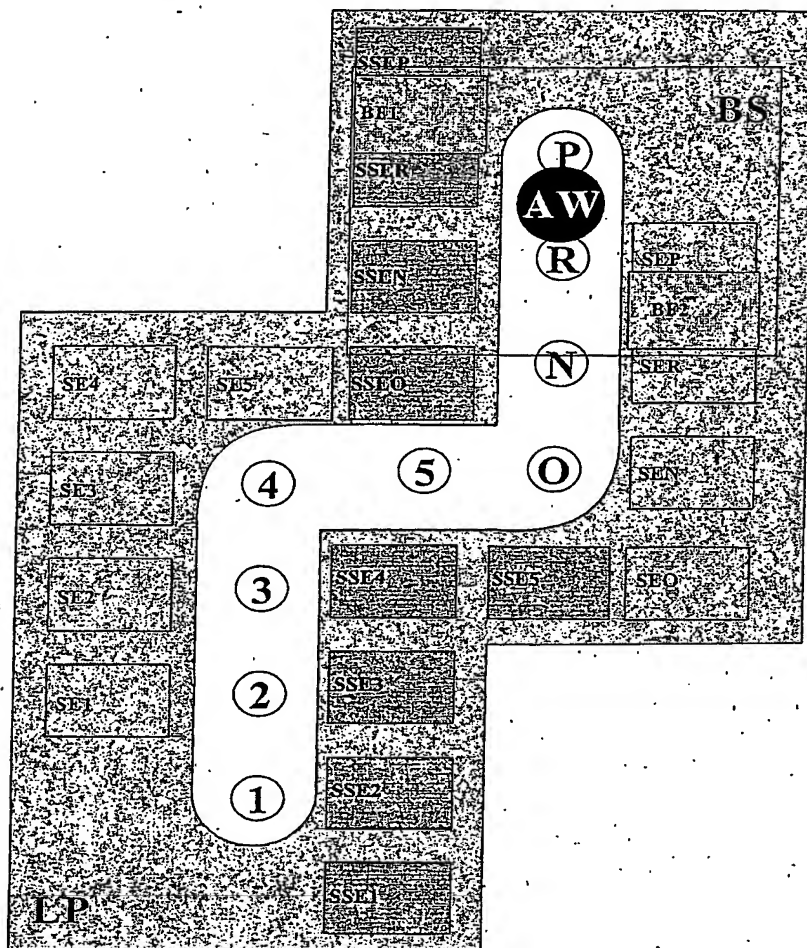


Fig. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**